

6. Atvirųjų ir uždarytųjų perdavų projektavimas

6.1. Grandininė perdava

Šiame poskyryje grandininės perdavos greitaeigės žvaigždutės (mažosios) geometriniai ir jėginiai parametrai žymimi apatiniu indeksu „1“, o lėtaeigės (didžiosios) – apatiniu indeksu „2“.

Šiame skyriuje pateikta ritinių ir įvorinių grandinių perdavų projektavimo metodika. Praktikoje dar naudojamos krumplinės, krovinės ir traukos grandininės.

Įvorinės grandinės išdyla greičiau nei ritinės. Nors įvorinės grandinės yra pigesnės, tačiau naudojamos tik užterštoje aplinkoje. Šiuolaikiniuose įrenginiuose krumplinės grandinės praktiškai nebenaudojamos, nes precizinės ritinės grandinės yra daug pigesnės, o jų kinematinis tikslumas ir triukšmingumas tik šiek tiek mažesnis už krumplinių. Krovinės ir traukos grandinės plačiau nagrinėjamos *kėlimo ir transportavimo įrenginių* disciplinoje.

Grandininės perdavos projektavimo **pradiniai duomenys**:

- grandinės tipas (jis parenkamas pagal darbo sąlygas: užterštoje aplinkoje racionaliau naudoti įvorines grandines, visais kitais atvejais – ritines);
- apkrovos pobūdis;
- P_1 – mažosios žvaigždutės perduodamas galingumas, W;
- n_1 – mažosios žvaigždutės sukimosi dažnis, min^{-1} ;
- u – grandininės perdavos perdavimo skaičius;
- t_h – perdavos eksploatavimo laikas, h.

6.1.1. Žvaigždučių medžiagų ir konstrukcijos parinkimas

Žvaigždutės paprastai gaminamos iš 37Cr4, 42CrV6, 40X, 40XH plieno markių ir termiškai apdorojamos iki kietumo $H = 45 \dots 55 \text{ HRC}$. Daugiakrumplės žvaigždutės ($z > 50$) liejamos iš plienų 26–52, 30–57, 40JI, 40XJI. Lietų žvaigždučių darbiniai paviršiai grūdinami iki kietumo $H = 260 \dots 300 \text{ HB}$.

Ritinių grandinių žvaigždutės gaminamos ištisinės arba sudėtinės (plačiau žr. 13.1 poskyrį).

6.1.2. Projektiniai skaičiavimai

Grandinė parenkama pagal skaičiuotiną perdavos galingumą $P_{1.sk}$ ir mažosios žvaigždutės sukimosi dažnį n_1 iš grafiko, pateikto 6.1 pav.

Skaičiuotinas perdavos galingumas:

$$P_{1.sk} = \frac{K_A P_1 K_6}{C_e}, \text{ W, kai } n_1 \geq 10 \text{ min}^{-1};$$

$$P_{1.sk} = \frac{10 K_A P_1 K_6}{C_e n_1}, \text{ W, kai } n_1 < 10 \text{ min}^{-1};$$

čia: K_A – apkrovos pobūdžio koeficientas (žr. 6.3 lent.); P_1 – mažosios žvaigždutės perduodamas galingumas, W; K_6 – žvaigždučių skaičiaus koeficientas (žr. 6.11 formulę); C_e – grandinės eilių skaičiaus koeficientas (žr. 6.4 lent.). Pradžioje rekomenduojama naudoti vienaeilę grandinę, t. y. $z_g = 1$ (žr. 6.1 ir 6.2 lent.).

Žvaigždučių krumplių skaičius turi būti kiek galima mažesnis. Mažosios (varančiosios) žvaigždutės rekomenduojamas krumplių skaičius

$$z_1 = 6,5 + 0,5 z'_1 + 0,3 \left(\frac{z'_1 p_g n_1}{60 \cdot 10^3} - 1 \right) \geq z_{1 \min}; \quad (6.1)$$

čia: $z'_1 = 32 - 2,5 u$; $z_{1 \min} = 9 + 0,2 p_g$ – mažosios žvaigždutės minimalus krumplių skaičius; p_g – grandinės žingsnis, mm; n_1 , min^{-1} . z'_1 ir $z_{1 \min}$ apvalinami iki artimiausio sveiką skaičiaus.

Didžiosios žvaigždutės krumplių skaičius

$$z_2 = z_1 u \leq 125. \quad (6.2)$$

Kad grandinė diltų tolygiau z_1 ir z_2 vertės rekomenduojama apvalinti iki nelyginio sveiką skaičiaus.

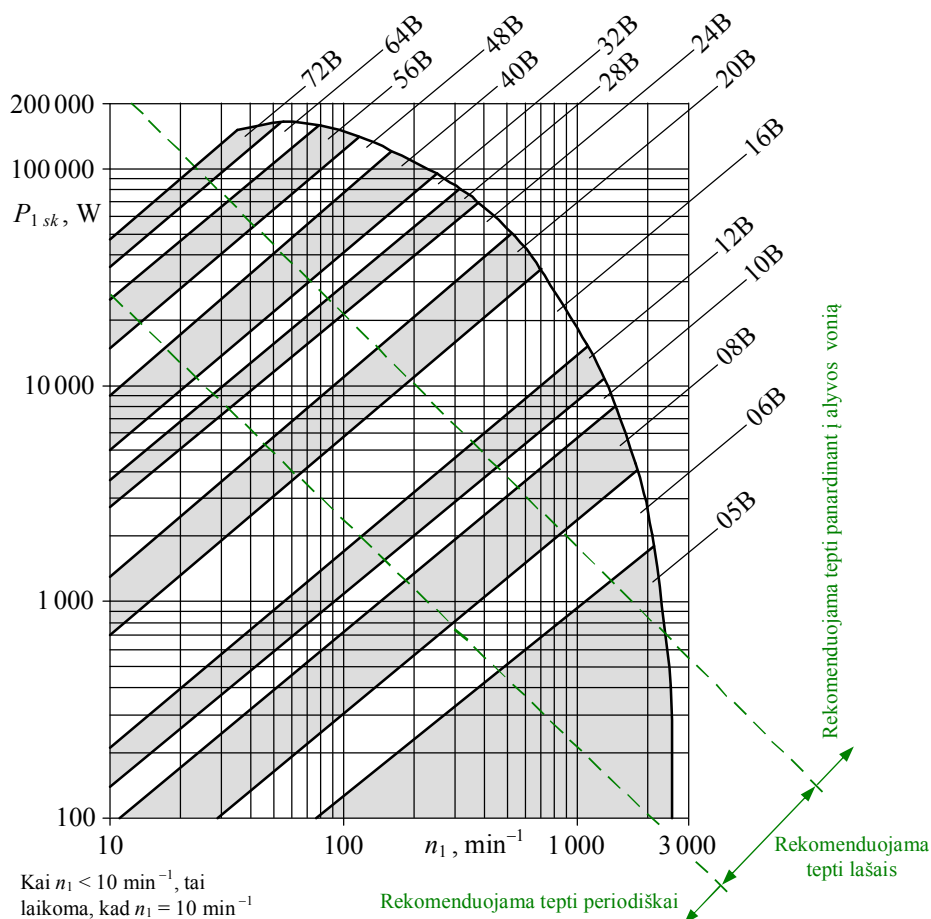
Tikrasis perdavimo skaičius

$$u_T = \frac{z_2}{z_1}.$$

Tikrojo perdavimo skaičiaus vertė nuo pradinės vertės u negali skirtis daugiau kaip $u_{G adm} = \pm 3 \%$, t. y.:

$$\Delta u = \left| \frac{u_T - u}{u} \right| 100 \% \leq u_{G adm}.$$

Jei tikrasis perdavimo skaičius nuo pradinės vertės skiriasi daugiau nei leistina, tai didžiosios žvaigždutės krumplių skaičius gali būti lyginis.



6.1 pav. Grafikas grandinės parinkimui

6.1 lentelė. Ritinių grandinių parametrai (pagal ISO R606, DIN 8187)

Grandinės žymėjimas	Grandinės žingsnis p_g , mm	Grandinės trūkimo jėga F_B , kN	Grandinės 1 m masė q_g , kg/m	Momentinis grandinės ritinėlių darbinis plotas A_{gr} , mm ²	Koeficientas K_9	Koeficientas K_{10}
Vienos eilės ritinės grandinės ($z_g = 1$)						
05B – 1	8,000	5	0,20	11	0,0046	17
06B – 1	9,525	9	0,40	28	0,0046	17
08B – 1	12,700	18	0,70	50	0,0048	17
10B – 1	15,875	22,4	0,90	67	0,0042	17
12B – 1	19,050	29	1,20	89	0,0044	17
16B – 1	25,400	60	2,60	210	0,0046	17
20B – 1	31,750	95	3,80	296	0,0046	17
24B – 1	38,100	160	7,00	554	0,0046	17
28B – 1	44,450	200	9,10	739	0,0046	17
32B – 1	50,800	250	9,70	810	0,0046	17
40B – 1	63,500	380	16,8	1 275	0,0032	17
48B – 1	76,200	560	25,9	2 061	0,0035	12
56B – 1	88,900	850	35,0	2 791	0,0038	7
64B – 1	101,60	1 120	60,0	3 625	0,0039	5
72B – 1	114,30	1 400	80,0	4 618	0,0040	2
Dviejų eilių ritinės grandinės ($z_g = 2$)						
05B – 2	8,000	7,8	0,40	22	0,0046	17
06B – 2	9,525	16,9	0,80	56	0,0046	17
08B – 2	12,700	32	1,30	101	0,0048	17
10B – 2	15,875	44,5	1,80	134	0,0042	17
12B – 2	19,050	57,8	2,50	179	0,0044	17
16B – 2	25,400	110	5,20	421	0,0046	17
20B – 2	31,750	170	7,50	591	0,0046	17
24B – 2	38,100	280	13,9	1 109	0,0046	17
28B – 2	44,450	360	18,0	1 479	0,0046	17

Grandinės žymėjimas	Grandinės žingsnis p_g , mm	Grandinės trūkimo jėga F_B , kN	Grandinės 1 m masė q_g , kg/m	Momentinis grandinės ritinėlių darbinis plotas A_{gr} , mm ²	Koeficientas K_9	Koeficientas K_{10}
32B – 2	50,800	450	19,0	1 621	0,0046	17
40B – 2	63,500	630	33,5	2 550	0,0032	17
48B – 2	76,200	1 000	48,6	4 123	0,0035	12
56B – 2	88,900	1 600	70,0	5 582	0,0038	7
64B – 2	101,60	2 000	120	7 250	0,0039	5
72B – 2	114,30	2 500	160	9 234	0,0040	2
Trijų eilių ritininės grandinės ($z_g = 3$)						
05B – 3	8,000	11,1	0,50	33	0,0046	17
06B – 3	9,525	24,9	1,20	84	0,0046	17
08B – 3	12,700	47,5	2,00	151	0,0048	17
10B – 3	15,875	66,7	2,80	202	0,0042	17
12B – 3	19,050	86,7	3,80	268	0,0044	17
16B – 3	25,400	165	7,70	631	0,0046	17
20B – 3	31,750	250	11,2	887	0,0046	17
24B – 3	38,100	425	20,7	1 663	0,0046	17
28B – 3	44,450	530	27,0	2 218	0,0046	17
32B – 3	50,800	670	28,3	2 431	0,0046	17
40B – 3	63,500	950	43,3	3 825	0,0032	17
48B – 3	76,200	1 500	72,5	6 184	0,0035	12
56B – 3	88,900	2 350	105	8 373	0,0038	7
64B – 3	101,60	3 100	180	10 875	0,0039	5
72B – 3	114,30	4 000	240	13 850	0,0040	2
Grandinės, kurios žingsnis $p_g = 25,4$ mm, eilių skaičius $z_g = 1$, narelių skaičius $w = 100$, žymuo: Grandinė ISO R606 16B – 1 × 100						

6.2 lentelė. Ritinių grandinių pagrindiniai geometriniai parametrai (pagal ISO R606, DIN 8187)

Grandinės žymėjimas	b_{g1} , mm	B_g , mm	d_{g1} , mm	d_{g3} , mm	e_g , mm	h_g , mm	s_{g1} , mm	s_{g2} , mm
05B – 1	3,00	8,60	2,31	5,00	–	7,10	0,75	0,75
06B – 1	5,72	13,5	3,28	6,35	–	8,20	1,3	1,3
08B – 1	7,75	17,0	4,45	8,51	–	11,8	1,6	1,6
10B – 1	9,65	19,6	5,08	10,16	–	14,7	1,6	1,6
12B – 1	11,68	22,7	5,72	12,07	–	14,7	1,8	1,8
16B – 1	17,02	36,1	8,28	15,88	–	21,0	3,5	3,0
20B – 1	19,56	41,2	10,19	19,05	–	26,0	4,5	3,5
24B – 1	25,40	53,4	14,63	25,40	–	33,4	6,0	5,0
28B – 1	30,99	65,0	15,90	27,94	–	36,6	7,0	6,0
32B – 1	30,99	65,2	17,81	29,21	–	42,2	7,0	6,0
40B – 1	38,10	80,4	22,89	39,37	–	52,0	8,0	8,0
48B – 1	45,72	99,1	29,24	48,26	–	63,4	12	10
56B – 1	53,34	114	34,32	53,98	–	77,8	13	12
64B – 1	60,96	129	39,40	63,50	–	90,1	14	13
72B – 1	68,58	147	44,48	72,39	–	103,6	17	15
Dviejų eilių ritininės grandinės ($z_g = 2$)								
05B – 2	3,00	14,3	2,31	5,00	5,64	7,10	0,75	0,75
06B – 2	5,72	23,8	3,28	6,35	10,24	8,20	1,3	1,3
08B – 2	7,75	31,0	4,45	8,51	13,92	11,8	1,6	1,6

Grandinės žymėjimas	b_{g1} , mm	B_g , mm	d_{g1} , mm	d_{g3} , mm	e_g , mm	h_g , mm	s_{g1} , mm	s_{g2} , mm
10B – 2	9,65	36,2	5,08	10,16	16,59	14,7	1,6	1,6
12B – 2	11,68	42,2	5,72	12,07	19,46	16,1	1,8	1,8
16B – 2	17,02	68,0	8,28	15,88	31,88	21,0	3,5	3,0
20B – 2	19,56	77,7	10,19	19,05	36,45	26,0	4,5	3,5
24B – 2	25,40	101	14,63	25,40	48,36	33,4	6,0	5,0
28B – 2	30,99	124	15,90	27,94	59,56	36,6	7,0	6,0
32B – 2	30,99	123,8	17,81	29,21	58,55	42,2	7,0	6,0
40B – 2	38,10	152,7	22,89	39,37	72,29	52,0	8,0	8,0
48B – 2	45,72	190	29,24	48,26	91,21	63,4	12	10
56B – 2	53,34	221	34,32	53,98	106,60	77,8	13	12
64B – 2	60,96	250	39,40	63,50	119,89	90,1	14	13
72B – 2	68,58	283	44,48	72,39	136,27	103,6	17	15
Trijų eilių ritininės grandinės ($z_g = 3$)								
05B – 3	3,00	19,9	2,31	5,00	5,64	7,10	0,75	0,75
06B – 3	5,72	34,0	3,28	6,35	10,24	8,20	1,3	1,3
08B – 3	7,75	44,9	4,45	8,51	13,92	11,8	1,6	1,6
10B – 3	9,65	52,6	5,08	10,16	16,59	14,7	1,6	1,6
12B – 3	11,68	61,7	5,72	12,07	19,46	16,1	1,8	1,8
16B – 3	17,02	99,9	8,28	15,88	31,88	21,0	3,5	3,0
20B – 3	19,56	114,1	10,19	19,05	36,45	26,0	4,5	3,5
24B – 3	25,40	150	14,63	25,40	48,36	33,4	6,0	5,0
28B – 3	30,99	184	15,90	27,94	59,56	36,6	7,0	6,0
32B – 3	30,99	181	17,81	29,21	58,55	42,2	7,0	6,0
40B – 3	38,10	225	22,89	39,37	72,29	52,0	8,0	8,0
48B – 3	45,72	281	29,24	48,26	91,21	63,4	12	10
56B – 3	53,34	331	34,32	53,98	106,60	77,8	13	12
64B – 3	60,96	370	39,40	63,50	119,89	90,1	14	13
72B – 3	68,58	420	44,48	72,39	136,27	103,6	17	15

Linijinis grandinės greitis

$$v = \frac{z_1 p_g n_1}{60 \cdot 10^3}, \text{ m/s;}$$

čia: p_g , mm; n_1 , min⁻¹.

Esant dideliems linijiniams grandinės greičiams (15 ... 30 m/s), norint sumažinti smūgines apkrovas, reikia naudoti mažo žingsnio ($p_g < 25,4$ mm) grandines. Maksimalus leistinas linijinis grandinės greitis

$$v_{adm} = \frac{K_{v_{max}} \pi p_g}{60 \sin(180^\circ/z_1)} \left(\frac{82,5}{7,95 p_{g \text{ red}} 1,0278 z_1 1,323 P_1 / (4448 v)} \right)^{\frac{1}{1,59 \lg(p_{g \text{ red}}) + 1,873}}, \text{ m/s;}$$

čia: $K_{v_{max}} = \min(0,6; 0,3 + p_g / 50,8)$ – maksimalaus greičio koeficientas; $p_{g \text{ red}} = p_g / 25,4$ – redukuotas grandinės žingsnis, mm; p_g , mm; P_1 , W; v , m/s.

Linijinis grandinės greitis turi neviršyti leistinojo greičio, t. y.:

$$v \leq v_{adm}.$$

Jei ši sąlyga netenkinama, tai mažinamas grandinės žingsnis p_g arba mažosios žvaigždutės krumplių skaičius z_1 .

Sumažinus p_g , skaičiavimus tęsiame nuo (6.1) išraiškos, o sumažinus z_1 – nuo (6.2) išraiškos. Pastaruoju atveju reikia patikrinti ar tenkinama sąlyga $z_1 \geq z_{1 \text{ min}}$.

Leistinas lyginamasis slėgis grandinės šarnyruose

$$P_{adm} = \frac{1}{K_A} \left[0,064 \left(\frac{a}{p_g} \right)^{0,514 - 0,001 u_T} + 3,736 u_T^{0,045} - 3,343 \right] \left\{ 38,5 - \frac{1}{z_1} \left[158 + 0,5 (z_1')^{1,7} \right] (v')^{0,426 (z_1')^{-0,1}} \right\}, \text{ MPa; (6.3)}$$

čia: K_A – apkrovos pobūdžio koeficientas (žr. 6.3 lent.); $z_1' = \min(25; z_1)$; $v' = \max(0,1; v)$, m/s; a – perdavos tarpašnis atstumas, mm (šioje projektavimo stadijoje rekomenduojama imti $a \approx 30 p_g$).

6.3 lentelė. Koeficiento K_A , kuriuo įvertinamas apkrovos pobūdis, vertės

Varančiosios mašinos (variklio) apkrovos pobūdis	Varomojo įrenginio apkrovos pobūdis			
	Pastovi	Pastovi su smūgiais	Kintama su smūgiais	Smūginė
Pastovi arba pastovi su smūgiais	1,0	1,2	1,4	1,6
Kintama su smūgiais	1,0	1,3	1,5	1,7
Smūginė	1,2	1,4	1,7	1,9

Apkrovos pobūdžio koeficientu įvertinama apkrovos papildoma dedamoji, atsirandanti dėl dinaminių procesų darbo metu. Jei ši dedamoji buvo įvertinta nustatant apkrovą, tai imama $K_A = 1$.

Apkrova pastovi – nėra smūgių ir perkrovų. *Varančiosios mašinos*: elektros variklis, garo turbina ar hidraulinis variklis. *Varomosios mašinos*: vienodo tankio skysčių maišyklės, ventiliatoriai, valytuvai, išcentriniai kompresoriai, juostiniai konvejeriai ir kt.

Apkrova pastovi su smūgiais – yra nedideli smūgiai ar perkrovos. **Apkrova kintama su smūgiais** – apkrova kintama su vidutinėmis neilgomis perkrovomis ir reguliariais vidutiniais smūgiais. *Varančioji mašina* – kelių cilindų vidaus degimo variklis. *Varomosios mašinos*: skirtingų tankių skysčių maišyklės, birių medžiagų maišyklės, užterštoje aplinkoje dirbantys įrenginiai, kelių cilindų švaistikliniai kompresoriai, keltuvai, grandininiai konvejeriai ir kt.

Apkrova smūginė – labai kintama apkrova su dažniais stipriais smūgiais ir perkrovomis. *Varančioji mašina* – vieno cilindro vidaus degimo variklis. *Varomosios mašinos*: vieno cilindro švaistikliniai kompresoriai, užterštoje aplinkoje dirbantys plytų presai, vibraciniai konvejeriai, konvejeriai esant dažniems reversavimams, įvairūs smulkintuvai ir kt.

Lyginamasis slėgis grandinės šarnyruose

$$p = \frac{P_1 + q_g v^3}{A_{gr} v} \leq p_{adm}, \text{ MPa}; \quad (6.4)$$

čia: q_g – grandinės 1 m masė, kg/m (žr. 6.1 lent.); A_{gr} – momentinis grandinės ritinėlių darbinis plotas, mm^2 (žr. 6.1 lent.); P_1 , W; v , m/s.

Kai sąlyga (6.4) netenkinama, parenkama grandinė su didesniu žingsniu p_g arba su didesniu eilių skaičiumi z_g . Padidinę p_g , skaičiavimus tęsiame pradėdami (6.1) išraiška.

Padidinę z_g , pagal p_g ir z_g parenkame naujas q_g bei A_{gr} vertes (žr. 6.1 lent.) ir tikriname (6.4) sąlygą.

Jeigu $p \ll p_{adm}$ reikia imti grandinę su mažesniu žingsniu ir kartoti skaičiavimus nuo (6.1) išraiškos.

Pagrindiniai geometriniai parametrai. Žvaigždučių pašaknų užapvalinimo spindulys (žr. 6.2 pav.):

$$\left. \begin{aligned} R_{f \min} &= 0.505 d_{g3}, \text{ mm}; \\ R_{f \max} &= 0.505 d_{g3} + 0.069 \sqrt[3]{d_{g3}}, \text{ mm}; \end{aligned} \right\}$$

čia d_{g3} – grandinės ritinėlio skersmuo, mm (žr. 6.2 lent.).

Spindulys R_f apvalinamas trijų skaitmenų tikslumu. Be to, turi būti tenkinama sąlyga $2 R_f > d_{g3}$.

Žvaigždučių skersmenys (žr. 6.2 pav.):

$$\text{dalijamasis} - d_i = \frac{p_g}{\sin(180^\circ/z_i)}, \text{ mm};$$

$$\text{pašaknų} - d_{fi} = d_i - 2 R_f, \text{ mm};$$

$$\text{viršūnių} - d_{ai \min} = d_i + 0,5 d_{g3}, \text{ mm};$$

$$d_{ai \max} = d_i + 1,25 p_g - d_{g3}, \text{ mm}; \left. \right\}$$

čia apatinis indeksas i žymi žvaigždutės numerį, t. y. 1 arba 2.

Dalijamieji skersmenys d_i apvalinami keturių skaitmenų tikslumu, o d_{fi} ir d_{ai} – trijų skaitmenų tikslumu.

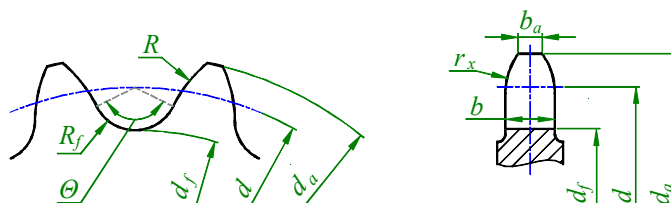
Žvaigždučių krumplių profilio spinduliai (žr. 6.2 pav.):

$$\left. \begin{aligned} R_{i \min} &= 0,12 d_{g3} (z_i + 2), \text{ mm}; \\ R_{i \max} &= 0,008 d_{g3} (z_i^2 + 180), \text{ mm}; \end{aligned} \right\}$$

$$r_x = 1,5 d_{g1}, \text{ mm};$$

čia d_{g1} – grandinės ašelės skersmuo, mm (žr. 6.2 lent.).

Spinduliai R_1 , R_2 ir r_x apvalinami dviejų skaitmenų tikslumu.



6.2 pav. Žvaigždutės profilių geometriniai parametrai

Žvaigždučių pašaknų užapvalinimo spindulio centrinis kampas (žr. 6.2 pav.):

$$\left. \begin{aligned} \Theta_{i \min} &= 120^\circ - 90^\circ / z_i, ^\circ; \\ \Theta_{i \max} &= 140^\circ - 90^\circ / z_i, ^\circ. \end{aligned} \right\}$$

Žvaigždučių krumplių pločiai (žr. 6.2 pav.):

$$b = C_b b_{g1}, \text{ mm}; \quad (6.5)$$

$$\left. \begin{aligned} b_{a \min} &= b - 0,3 d_{g3}, \text{ mm}; \\ b_{a \max} &= b - 0,2 d_{g3}, \text{ mm}; \end{aligned} \right\} \quad (6.6)$$

čia: C_b – žvaigždutės krumplio pločio koeficientas (žr. 6.4 lent.); b_{g1} – grandinės ritinėlio plotis, mm (žr. 6.2 lent.).

Gauta b vertė apvalinama iki artimiausio mažesnio skaičiaus iš pirmenybinių skaičių eilės R40 (http://stud.ppf.ktu.lt/vaiciulis/paskaitos/pirmenybiniai_skaiciai.pdf), o b_a – iki sveikojo skaičiaus.

Kelių eilių ($z_g > 1$) grandinės žvaigždučių krumplių vainiko plotis (žr. 6.3 pav.):

$$B = (z_g - 1) e_g + b, \text{ mm};$$

čia: z_g – grandinės eilių skaičius; e_g – atstumas tarp grandinės eilių, mm (žr. 6.2 lent.); b , mm.

Tarpašinis atstumas

$$a = (30 \dots 50) p_g, \text{ mm}.$$

Grandinės narelių skaičius

$$w = \frac{2a}{p_g} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{p_g}{a} \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2. \quad (6.7)$$

Gauta w vertė apvalinama iki artimiausio lyginio sveikojo skaičiaus, tam kad grandinės galų sujungimui nereiktų naudoti pereinamos formos narelio.

Skaičiuotinas tarpašinis atstumas

$$a_{sk} = \frac{p_g}{4} \left[w - \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left(w - \frac{z_1 + z_2}{2} \right)^2 - 2 \left(\frac{z_2 - z_1}{\pi} \right)^2} \right], \text{ mm}.$$

Kad sumontuotoje perdavoje įsvirtų grandinė, reikia sumažinti tarpašinį atstumą. Tikrasis tarpašinis atstumas

$$a_T = (0,996 \dots 0,998) a_{sk}.$$

Gauta a_T vertė apvalinama iki artimiausio sveikojo skaičiaus.

Mažosios žvaigždutės gaubimo grandine kampas turi būti didesnis už 120° . Iš šios sąlygos nustatoma mažiausia tarpašinio atstumo vertė. Kad grandinės neveiktų didelės įtempimo jėgos dėl savojo svorio, apribojamas didžiausias tarpašinis atstumas. Todėl tikrasis tarpašinis atstumas turi tenkinti sąlygą:

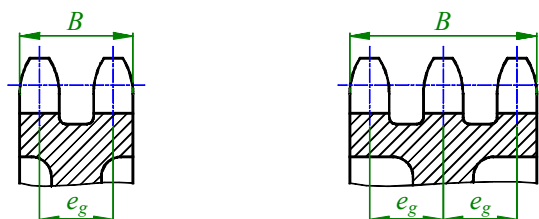
$$0,7 (d_{a1} + d_{a2}) \leq a_T \leq 160 p_g. \quad (6.8)$$

Jei ši sąlyga netenkinama, imama kita tarpašinio atstumo vertė a ir skaičiavimai tęsiami nuo (6.7) formulės.

6.4 lentelė. Koeficientų C_b ir C_e vertės

Koeficientai	Grandinės eilių skaičius z_g							
	1	2	3	4	5	6	8	
C_b	kai $p_g < 12,7$ mm	0,93	0,91	0,88	0,85	0,85	0,85	0,85
	kai $p_g \geq 12,7$ mm	0,95	0,93	0,93	0,90	0,90	0,90	0,90
C_e		1,0	1,7	2,5	3,3	3,9	4,6	6,0

Standarte ISO R606 numatytos tik vienos, dviejų ir trijų eilių ritinės grandinės, o standarte ANSI B29.1 – iki dešimties eilių grandinės.



6.3 pav. Kelių eilių grandinės žvaigždučių krumplių vainiko plotis

Jėginiai parametrai. Apskritiminė (traukos) jėga

$$F_t = \frac{P_1}{v}, \text{ N};$$

čia: P_1 , W; v , m/s.

Išcentrinė jėga

$$F_c = q_g v^2, \text{ N}; \quad (6.9)$$

čia: q_g , kg/m – grandinės 1 metro masė (žr. 6.1 lent.); v , m/s.

Koeficientas, kuriuo įvertinamas santykinis grandinės įsvyris f_s ir tarpašinės tiesės posvyrio kampas φ (tarpašinė tiesė – tiesė, jungianti grandininės perdavos žvaigždučių centrus):

$$C_\varphi \approx \left(1 - \frac{1}{8 f_s}\right) \frac{\varphi}{90^\circ} + \frac{1}{8 f_s};$$

čia: $f_s = f / a_T \approx 0,01 \dots 0,03$ – santykinis grandinės įsvyris; $0^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$ – tarpašinės tiesės posvyrio kampas, laipsniais (žr. 6.4 pav.).

Jėga dėl grandinės įsvyrio

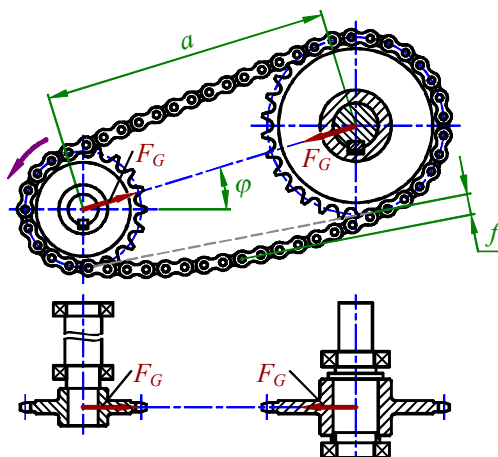
$$F_f = 10^{-3} g C_\varphi q_g a_T, \text{ N};$$

čia: $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ – laisvojo kritimo pagreitis; q_g , kg/m; a_T , mm.

Velenus veikianti jėga (6.4 pav.):

$$F_G = K_d F_t + 2 F_f, \text{ N};$$

čia K_d – veleno apkrovos koeficientas. Kai grandininės perdavos posvyrio kampas $0^\circ \leq \varphi \leq 40^\circ$, tai $K_d = 1,15$, o kai $40^\circ < \varphi \leq 90^\circ$, tai $K_d = 1,05$. Veikiant smūginei apkrovai K_d padidinamas 10 ... 15 %.



6.4 pav. Velenus veikiančios jėgos nuo grandininės perdavos

6.1.3. Perdavos patikrinamieji skaičiavimai

Grandininės perdavos **galingumo korekcijos koeficientai** apskaičiuojami 0,01 tikslumu.

Mažosios žvaigždutės krumplių skaičiaus koeficientas:

$$K_1 = \frac{20}{1 + z_1}, \quad \text{kai } z_1 \leq 27;$$

$$K_1 = 0,757 - 0,0157 z_1, \quad \text{kai } z_1 > 27.$$

Grandininės perdavos perdavimo skaičiaus koeficientas:

$$K_2 = 1,25 u_T^{-0,2}, \quad \text{kai } u_T \leq 10;$$

$$K_2 = 0,793 - 0,00043 u_T, \quad \text{kai } u_T > 10.$$

Tarpašinio atstumo koeficientas

$$K_3 = \max(0,7; 2,52 a_T^{-0,25}); \quad (6.10)$$

čia a_T , mm.

Tepimo būdo koeficiento K_4 vertės pateiktos 6.5 lentelėje.

6.5 lentelė. Tepimo būdo koeficiento K_4 vertės

Tepimo būdas	K_4	Tepimo būdas	K_4
Nuolatinis	1,0	Periodinis užterštoje aplinkoje	2,5
Periodinis neužterštoje aplinkoje	1,5	Be tepimo	5,0

Grandinės galų sujungimo koeficientas:

$$K_5 = 1,25, \text{ kai } w \text{ yra nelyginis skaičius;}$$

$$K_5 = 1,00, \text{ kai } w \text{ yra lyginis skaičius.}$$

Žvaigždučių skaičiaus koeficientas:

$$K_6 = 0,9^{2-z_z}; \quad (6.11)$$

čia z_z – žvaigždučių, įeinančių į perdavą, skaičius.

Perdavos darbinės temperatūros koeficientas

$$K_7 = \max(1,0; 0,0012 T + 0,9);$$

čia T – perdavos darbinė temperatūra, °C.

Ilgamžiškumo koeficientas

$$K_8 = \left(\frac{15\,000}{t_h} \right)^{-0,4};$$

čia t_h – perdavos eksploatavimo laikas, h.

Perduodamas grandinės galingumas

$$P_{sk} = K_A P_1 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 K_8 \leq P_{adm}, W; \quad (6.12)$$

čia $P_1, W; P_{adm}$ – leistinasis grandininės perdavos galingumas:

$$P_{adm} = C_e \min(P_{gn adm}; P_{gr adm}), W; \quad (6.13)$$

C_e – grandinės eilių skaičiaus koeficientas (žr. 6.4 lent.); $P_{gn adm}$ – grandinės narelių leistinasis galingumas, W;
 $P_{gr adm}$ – grandinės ritinėlių leistinasis galingumas, W.

Galingumai $P_{gn adm}$ ir $P_{gr adm}$ apskaičiuojami pagal empirines formules:

$$P_{gn adm} = 745,7 K_9 z_1^{1,06} n_1^{0,9} p_{g red}^{3,25-0,11 p_{g red}}, W;$$

$$P_{gr adm} = 745,7 \cdot 10^3 K_{10} \left(\frac{z_1}{n_1} \right)^{1,6} p_{g red}^{0,38} \left(\frac{15\,000}{t_h} \right)^{0,4}, W;$$

čia K_9 ir K_{10} – grandinių koeficientai (žr. 6.1 lent.); $p_{g red}$, mm.

Jei (6.12) sąlyga netenkinama, tai rekomenduojama: didinti grandinės eilių kiekį z_g , didinti grandinės žingsnį p_g , mažinti tarpašinį atstumą a arba gerinti perdavos tepimą (jei tai įmanoma).

Padidinus z_g , patikslinami C_b, C_e (žr. 6.4 lent.), b, b_a, F_c bei P_{adm} (atitinkamai 6.5, 6.6, 6.9 ir 6.13 išraiškos) ir tikrinama (6.12) sąlyga.

Padidinus p_g , skaičiavimai tęsiami nuo (6.1) išraiškos.

Sumažinus a , perskaičiuojame w (6.7 išraiška) ir a_T , tikriname (6.8) sąlygą, patiksliname K_3 (6.10 išraiška) ir tikrinama (6.12) sąlyga.

Pakeitus perdavos tepimą patikslinamas K_4 koeficientas ir tikrinama (6.12) sąlyga.

Grandinės stiprumo atsarga. Atsargos koeficientai apskaičiuojami pagal empirines formules. Leistinas statinis atsargos koeficientas

$$s_{g adm S} = 11,8 - 0,44 \sqrt{p_g - 8} + (21,4 p_{g red}'^{-0,3} - 13,4) v^{0,07(3 p_{g red}' + 1)} \operatorname{th} \left[(0,154 p_{g red}' - 0,052 p_{g red}'^{2,6}) v^{0,244 p_{g red}'^4 - p_{g red}' + 1,65} \right];$$

čia: p_g , mm; $p_{g red}' = \min(50,8; p_g) / 25,4$; v , m/s.

Leistinas dinaminis atsargos koeficientas

$$s_{g adm D} = (0,0004 p_g^2 + 7,6) n_1^{0,1};$$

čia: p_g , mm; n_1 , \min^{-1} .

Grandinės stiprumo statinis ir dinaminis atsargos koeficientai:

$$s_{g S} = \frac{F_B}{F_t + F_c + F_f} \geq s_{g adm S}; \quad (6.14)$$

$$s_{gD} = \frac{F_B}{K_A (F_t + F_c + F_f)} \geq s_{gadmD}; \quad (6.15)$$

čia: F_B – grandinės trūkimo jėga, N (žr. 6.1 lent.); F_t , N; F_c , N; F_f , N.

Kai $s_{gS} < s_{gadmS}$ arba $s_{gD} < s_{gadmD}$, imama grandinė su didesne trūkimo jėgos F_B verte.

Jei didinamas z_g , tai patikslinami C_b (žr. 6.4 lent.), b , b_a , F_c (atitinkamai 6.5, 6.6 ir 6.9 išraiškos) ir tikrinama (6.14) arba (6.15) sąlyga.

Jei didinamas p_g , tai skaičiavimai tęsiami nuo (6.1) išraiškos.



Skaičiavimo rezultatus rekomenduojama surašyti į lentelę:

Parametras	Reikšmė ir matavimo vienetai	
Tikras perdavimo skaičius	$u_T = \dots$	
Tarpašinis atstumas	$a_T = \dots \text{ mm}$	
GRANDINĖS PARAMETRAI		
Žymėjimas	...	
Žingsnis	$p_g = \dots \text{ mm}$	
Eilių skaičius	$z_g = \dots$	
Narelių skaičius	$w = \dots$	
Trūkimo jėga	$F_B = \dots \text{ N}$	
1 m masė	$q_g = \dots \text{ kg/m}$	
Statinis atsargos koeficientas	$s_{gS} = \dots$	
Leistinas statinis atsargos koeficientas	$s_{gadmS} = \dots$	
Dinaminis atsargos koeficientas	$s_{gD} = \dots$	
Leistinas dinaminis atsargos koeficientas	$s_{gadmD} = \dots$	
ŽVAIGŽDUČIŲ PARAMETRAI		
	Varančiosios (mažosios)	Varomosios (didžiosios)
Krumplių skaičius	$z_1 = \dots$	$z_2 = \dots$
Dalijamojo apskritimo skersmuo	$d_1 = \dots \text{ mm}$	$d_2 = \dots \text{ mm}$
Pašaknų apskritimo skersmuo	$d_{f1} = \dots \text{ mm}$	$d_{f2} = \dots \text{ mm}$
Viršūnių apskritimo skersmuo	$d_{a1} = \dots \text{ mm}$	$d_{a2} = \dots \text{ mm}$
Danties profilio spindulys	$R_1 = \dots \text{ mm}$	$R_2 = \dots \text{ mm}$
Pašaknų užapvalinimo spindulio centrinis kampas	$\Theta_1 = \dots^\circ$	$\Theta_2 = \dots^\circ$
Pašaknų užapvalinimo spindulys	$R_f = \dots \text{ mm}$	
Danties profilio spindulys	$r_x = \dots \text{ mm}$	
Krumplio plotis	$b = \dots \text{ mm}$	
Kelių eilių grandinių žvaigždučių krumplių vainiko plotis	$B = \dots \text{ mm}$	
Krumplio plotis ties viršūnių apskritimu	$b_a = \dots \text{ mm}$	
Veleno, ant kurio bus tvirtinama žvaigždutė, skersmuo	$d_{v1} = \dots \text{ mm}$	$d_{v2} = \dots \text{ mm}$
Stebulės ilgis	$L_{st1} = \dots \text{ mm}$	$L_{st2} = \dots \text{ mm}$
Stebulės skersmuo	$d_{st1} = \dots \text{ mm}$	$d_{st2} = \dots \text{ mm}$
Ratlankio išorinis skersmuo	$D_{o1} = \dots \text{ mm}$	$D_{o2} = \dots \text{ mm}$
Ratlankio ir disko storiai	$\Delta = \dots \text{ mm}$	
Disko skylių centrų apskritimo skersmuo	$D_{sk1} = \dots \text{ mm}$	$D_{sk2} = \dots \text{ mm}$
Disko skylių skersmuo	$d_{sk1} = \dots \text{ mm}$	$d_{sk2} = \dots \text{ mm}$
Nuožulos	$c_1 = \dots \text{ mm}$	$c_2 = \dots \text{ mm}$
Užapvalinimo spinduliai	$r_1 = \dots \text{ mm}$	$r_2 = \dots \text{ mm}$
JĖGINIAI PARAMETRAI		
Apskritiminė jėga	$F_t = \dots \text{ N}$	
Išcentrinė jėga	$F_c = \dots \text{ N}$	
Velenus veikianti jėga	$F_G = \dots \text{ N}$	

Ne visi geometriniai parametrai (pavyzdžiui, L_{st} , d_{st} ir kt.) yra žinomi šioje kursinio projekto stadijoje. Šias lentelės eilutes užpildysime vėliau. Jei žvaigždutė neturi kurio tai geometrinio parametro jo į lentelę įtraukti nereikia.